



Wo bleibt  
die Zeit  
für den Blick  
auf das  
große Ganze?

Von den Zwängen  
der Spezialisierung  
und dem Wunsch,  
den Überblick zu bewahren

*von Jürgen Bereiter-Hahn*

Jetzt, nach Beendigung vieler Jahre der Lehre und Forschung an der Goethe-Universität, kann ich diese Zeit mit einem Abstand überdenken. Der Freiraum für solch nicht zweckgerichtetes Verhalten ist während der praktischen Tätigkeit an der Universität äußerst gering und muss hart erkämpft werden, wie jedes Stück Freiheit. Rückblickend sehe ich, dass der Wunsch, über das Detailwissen hinaus ganzheitliche Zusammenhänge zu betrachten und über die eigene Fachgrenze hinauszugehen, meinen Weg geprägt hat.

**A**ls ich 1972 frisch habilitiert meinen Dienst antrat, war außerhalb meiner Verpflichtungen als Hochschullehrer und dem Engagement in der akademischen Selbstverwaltung für nichts anderes Zeit. Ich hielt wöchentlich vier Stunden Vorlesung für Erstsemestler der Biologie (später sieben Stunden) und bot dazu ein Praktikum, ein Seminar und Veranstaltungen für Fortgeschrittene an. Zusätzlich wollte der Fachbereich das Studium reformieren. In endlosen Sitzungen wurde der Frage nachgegangen, wie die Lehre im Grundstudium auszusehen habe –, und ich war mittendrin, denn natürlich wollte ich den Studierenden eine optimale Einführung in den Stand der Biowissenschaften bieten. In diesem Sinne wirksam zu werden, bedeutet, sich über die reine Beschäftigung mit dem Fachwissen hinaus hochschulpolitisch zu engagieren. Diese Einsicht veranlasste mich über all die Jahre, Aufgaben im Fachbereichsrat, im Senat und Konvent sowie als Dekan, Vizepräsident und Baubeauftragter zu übernehmen – und damit die Entwicklung der Universität mitzugestalten.

Parallel zur Etablierung neuer Lehrkonzepte bekam meine Gruppe ein schönes Elektronenmikroskop, es ging aufwärts: mit korrelativer Mikroskopie (Vergleich Licht-/Elektronenmikroskopie) konnten die komplizierte Form von Hautzellen und die Bewegung von Mitochondrien erschlossen werden. Dennoch ging es aufgrund meiner vielen Verpflichtungen mit den wissenschaftlichen Ergebnissen nicht so recht voran. In dieser Situation half mir ein wohlwollender Gutachter der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die nächsten zwei Jahre über die Runden – unter Vorwegnahme der zu erwartenden Erfolge. Forschung war für mich in all den Jahren nur möglich, wenn es mir gelang, alle zwei Jahre mindestens

einen Antrag bei der DFG erfolgreich zu platzieren, also auch entsprechend gute Ergebnisse vorzuweisen und zu publizieren.

#### **Gesprächskreis Naturwissenschaft und Theologie**

Mein Arbeitsgebiet, die Zellbiologie, war damals in der Zoologie kein etabliertes Gebiet. So war es schon innerhalb meiner Disziplin schwierig, den größeren Kontext im kontinuierlichen Austausch mit Wissenschaftlern über dem Doktoranden-niveau zu diskutieren. Mein nächster Ansprechpartner war Karl-Ernst Wohlfahrt-Bottermann in Bonn. Jedoch war das studentische Interesse an der Zellbiologie sehr groß und ich hatte entsprechend viele Diplomanden und Doktoranden, die ich gemeinsam mit meiner technischen Assistentin Monika Vöth betreute.

Hingegen war der Austausch mit zwei Frankfurter Philosophen, Peter Roos und Wolfgang Kuhlmann, außerordentlich fruchtbar. Wir veranstalteten gemeinsam mehrere Seminare zur Wissenschaftstheorie, zum Beispiel zu der Frage, warum Zielgerichtetheit in der Evolution kein Thema für Naturwissenschaften sein kann. Diese Seminare waren sehr gut besucht und die Studierenden diskutierten mit beeindruckendem Fleiß und Konsequenz die anstehenden Fragen. So verstanden sie Grenzen und Möglichkeiten naturwissenschaftlicher Forschung. Parallel dazu entwickelte sich ein Gesprächskreis Naturwissenschaft und Theologie mit Kollegen dieser Fachbereiche. Diese fachübergreifende Beschäftigung stellte eine stete kritische Distanz zum eigenen Forschen sicher und erweiterte den Blick für größere Zusammenhänge.

#### **Laborverbot mit fruchtbaren Folgen**

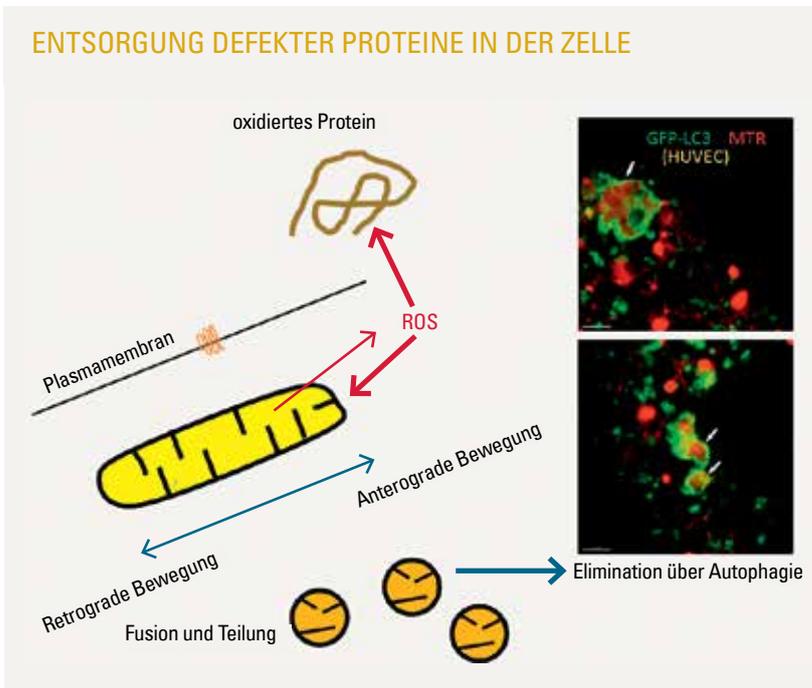
Wie Muße und eine stimulierende Umgebung Erkenntnis fördern können, erfuhr ich bei

**1** Bildserie zum Verhalten von Mitochondrien in einer lebenden Zelle. Jedes der länglichen Gebilde entspricht einem Mitochondrium mit einer Dicke von etwa 1/2000 Millimeter. Die Membranproteine wurden grün markiert; die Rotfärbung ist ein Maß für das elektrische Potential über die innere Membran der Mitochondrien.

einem Aufenthalt als Berater in einem Krebsforschungsinstitut in den USA: Nachdem ich einige Stunden lang das Experimentieren meines Gast- und Auftraggebers beobachtet hatte, wies ich ihn auf thermodynamische Fehlbeurteilungen

Mechanik und biochemische Regulation erwiesen sich als eng verzahnt. Da mechanische Prozesse stets an Actio und Reactio gebunden sind, sind auch sie nur in einer ganzheitlichen Betrachtungsweise fassbar. Sie reicht von den Zellstrukturen bis zu den »Bauplänen« vielzelliger Organismen und deren Abwandlung im Laufe der Evolution. Dieses Thema beschäftigte mich sowohl in der Lehre (Evolutionstheorie) als auch in der fruchtbaren Auseinandersetzung mit dem Biologen Wolfgang Gutmann vom Senckenberg-Institut und dem Architekten Frei Otto (Stuttgart).

## ENTSORGUNG DEFEKTER PROTEINE IN DER ZELLE



2 Mitochondrien produzieren freie Sauerstoffradikale (ROS), die Eiweiße oxidieren und dadurch ihre Funktion stören. Bei der Teilung werden Mitochondrien-Abschnitte mit geschädigten Proteinen abgetrennt. Das Fluoreszenzbild zeigt, wie die schadhafte Mitochondrien in Vakuolen eingeschlossen und verdaut werden (Autophagie). Die Autophagie-Vakuolen sind grün markiert. Sie umschließen die hier rot gefärbten, geschädigten Mitochondrienabschnitte.

seiner Ergebnisse hin. Das erboste ihn derart, dass ich eine Woche Laborverbot erhielt. Ich nutzte die Zeit, das Buch von Efraim Racker » A New Look at Mechanisms of Bioenergetics« zu lesen und die dort geäußerten Ideen weiterzudenken. Das unerwartete Geschenk einer freien Woche sollte meine Forschungsarbeiten in den nächsten 15 Jahren wesentlich bestimmen. Ich hatte eine Hypothese gefunden, die das Invasionsverhalten von Tumorzellen über die Wechselwirkung ihres Energiestoffwechsels mit der Cytoskelettstruktur erklärte. Damit hatte ich auf der Ebene von Zellen den angestrebten ganzheitlichen Ansatz gefunden.

Von nun an versuchte ich den Studierenden systematisch zu vermitteln, dass die Dynamik biologischer Strukturen eine wichtige Voraussetzung für zelluläre Funktionen ist. Im neu geöffneten Forschungsfeld begann ich, Gradienten der Energieversorgung innerhalb von Zellen nachzuweisen. Ich fand lokale Restriktionen von Stoffwechselreaktionen (Glykolyse) ohne trennende Membranen. Diese Phänomene ließen sich durch die dynamische Zusammenlagerung von Enzymen und Cytoskelettstrukturen erklären, die zu einer wechselseitigen Funktionssteuerung der molekularen Partner führte. Da das Cytoskelett für die Zellform und die Fortbewegung von Zellen verantwortlich ist, gewannen diese Eigenschaften eine neue Bedeutung.

### Das Ultraschallmikroskop: Biochemie in Biophysik übersetzen

1983 erhielt ich Besuch von Prof. Calvin Quate (Stanford University), dem Erfinder des hochauflösenden Ultraschallmikroskops. Er warf einen dicken Stoß Fotos auf den Tisch und fragte, was ich davon hielte. Die Ultraschallbilder von Zellen sahen den Abbildungen von Zellen im reflektierten Licht sehr ähnlich. Dazu hatte ich vor einiger Zeit eine Theorie aufgestellt und dementsprechend interpretierte ich die Bilder. Das Ergebnis dieses sehr intensiven Gespräches war, dass ich als Erstanwender an der Entwicklung eines Gerätes durch die Firma Ernst Leitz in Wetzlar beteiligt wurde. Eines der ersten funktionstüchtigen Instrumente kam, durch die DFG finanziert, nach Frankfurt. Damit eröffneten sich völlig neue Möglichkeiten zum Studium der Zellmechanik, doch mussten über mehrere Jahre hinweg erst die erforderlichen Auswertungsverfahren entwickelt werden.

Parallel dazu konnte das Gerät mit der Gruppe des Physikers Wolfgang Grill über die Ultraschall-Phasenkontrastmikroskopie für biologische Anwendungen weiter verbessert werden. Erstmals war es möglich, zelluläre Elastizität und Strukturbildung durch Quervernetzung fädiger Cytoskelettstrukturen hochaufgelöst zu bestimmen, ohne die Zellfunktion zu stören. An Gelen aus Zellbestandteilen ließen sich mit hoher Empfindlichkeit molekulare Wechselwirkungen messen. Biochemie konnte in Biophysik übersetzt werden. Zellform und Zellbewegung wurden so von den Eigenschaften von Gelen bis zur Zellmechanik interpretiert.

Einen entscheidenden Anteil hatte die Kombination molekulargenetischer Methoden, die durch einen neuen Mitarbeiter (Dr. Dirk Schmitz) in die Gruppe kamen, mit den physikalischen Messungen. Auch dies ist ein Beispiel dafür, wie Interdisziplinarität die eigenen fachlichen Grenzen erweitert. Ein wichtiges Ergebnis dieser Zusammenarbeit war die Erkenntnis, dass die Aktinpolymerisation abhängig ist von Enzymen der Glykolyse, und zwar je nachdem, ob

diese Enzyme ihr natürliches Substrat zur Verfügung haben oder nicht. Diese Mechanismen wirken im Konzert mit Ionentransportvorgängen, die für den hydrostatischen Innendruck von Zellen verantwortlich sind. Indem wir Druck und Volumen auf zellulärer Ebene bestimmten, konnten wir ein neues Modell der Zellmigration entwickeln. Ebenso klärten wir auf, wie die Zelle ihr Volumen reguliert: Sie überträgt die Spannung von Mikrofilamenten an der Zellmembran auf einen regulierenden Ionenkanal (TRPV4).

### Im Grenzgebiet zur Medizin

In einer weiteren interdisziplinären Zusammenarbeit interessierte ich mich gemeinsam mit August Bernd vom B-Labor der Dermatologie dafür, wie mechanische Kräfte sich auf die Differenzierung und Teilungsaktivität von Hautzellen auswirken. Diese Arbeiten gipfelten in einer verbesserten Technik zur Zucht menschlicher Haut für Transplantationen nach schweren Schädigungen wie Verbrennungen. Bei diesem Projekt sowie bei einem weiteren zur Züchtung eines Nierenäquivalents (unter anderem mit Prof. Helmut Geiger und Dr. Patrick Baer von der Klinik für Innere Medizin III an der Goethe-Universität) konnten durch dreidimensionale Zellkulturen die großen Einschränkungen überwunden werden, die das Arbeiten mit Zellkulturen in Flaschen und auf Glasscheiben oft so unbefriedigend machen.

Das letzte große Thema, das dank der Förderentscheidungen bei der DFG und der Europäischen Union (EU) den Reigen meiner Forschung zu Energiestoffwechsel, Zellstruktur und Differenzierung beziehungsweise Zelltod beschloss, waren Arbeiten zur Rolle von Mitochondrien bei Alternsprozessen im Rahmen eines von Prof. Heinz D. Osiewacz koordinierten EU-Projektes. Mich beschäftigte hierbei die Rolle von Mitochondrien als integrativem Bestandteil von Zellen, deren Schädigung, Überlebensstrategie und Abbau. Die bis dahin entwickelten mikroskopischen Methoden ermöglichten in Kombination mit molekularer Genetik neue Einsichten in die Dynamik von Mitochondrien. Beispielsweise konnten wir nachweisen, dass die Fusion von Mitochondrien deren Stressresistenz erhöht und die Lebensspanne von Zellen sich verlängert, indem geschädigte Mitochondrien eliminiert werden. Diese letzten Jahre waren durch eine sehr fruchtbare Kooperation mit Dr. Marina Jendrach geprägt. Nun hatte ich die Gesprächspartnerin, die in den frühen Jahren so sehr fehlte. Wenngleich diese Arbeiten nicht über die Organisationsebene der Einzelzelle hinausgingen, so schloss sich doch der Kreis vom Organell zur ganzen Zelle, da ich in den 1970er

Jahren den ersten Fluoreszenzfarbstoff identifiziert hatte, der an lebenden Zellen die Bestimmung der mitochondrialen Energieladung (Membranpotenzial) ermöglichte. Das war ein wichtiger Schritt zu einer »Biochemie in der lebenden Zelle«.

Das Spannungsfeld zwischen ganzheitlicher Betrachtungsweise und Detailforschung eines kleinen Ausschnittes biologischer Prozesse war vom wissenschaftstheoretischen Standpunkt meine zentrale Herausforderung, sie beeinflusste meine Fragestellung und die Wahl der Methoden. Diese Schulung war für meine Tätigkeit als Vizepräsident eine wichtige Voraussetzung bei der Formung der Cluster im Rahmen in der Exzellenzinitiative. ●

## Prof. Dr. Jürgen Bereiter-Hahn EIN LEBEN FÜR DIE WISSENSCHAFT

Prof. Dr. Jürgen Bereiter-Hahn, Jahrgang 1941, studierte Biologie, Biochemie und Philosophie an der Goethe-Universität. Er promovierte 1967 am Institut für Kinematische Zellforschung in Frankfurt. 1972 schloss er seine Habilitation über Cytoskelettdynamik in Epidermiszellen der Fischhaut ab und erhielt eine Professur für Zellbiologie (Kinematische Zellforschung) an der Goethe-Universität. Forschungsaufenthalte führten ihn zu Prof. Britton Chance (Philadelphia), Prof. Bo Thorell (Stockholm) und Prof. Eli Kohen (Miami). Jürgen Bereiter-Hahn ist Autor mehrerer Fachbücher. Seine von 2000 bis 2004 in Zusammenarbeit mit dem Institut für den wissenschaftlichen Film in Göttingen herausgegebene CD-Serie »Die Zelle« wurde mit sechs Preisen ausgezeichnet.

1985/1986 war Bereiter-Hahn Dekan des Fachbereichs Biologie, 1996 bis 2000 Sprecher des Konventvorstandes, 1993 bis 1995 Sprecher des Biozentrums und 2003 bis 2006 Vizepräsident der Goethe-Universität. Er engagierte sich außerdem als Baubeauftragter für das Biozentrum und das Buchmann Institute for Molecular Life Sciences.

2006 wurde er emeritiert. Heute ist er tätig als Ombudsmann für Studierende, wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter; er ist Vorsitzender des Bewertergremiums für Erfindungen aus der Goethe-Universität (bei INNOVECTIS), Vorsitzender des Stiftungsrates der Stiftung zur Förderung der internationalen wissenschaftlichen Beziehungen der Goethe-Universität und Mitglied des Human Spaceflight and Expolaration Advisory Panel und des Future Technology Advisory Panel der ESA.

[bereiter-hahn@bio.uni-frankfurt.de](mailto:bereiter-hahn@bio.uni-frankfurt.de)

